

2003 p 12007



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 197 23 090 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶: **H 04 Q 7/38**
H 04 Q 7/30
H 04 B 7/204

②1 Aktenzeichen: 197 23 090.3
②2 Anmeldetag: 2. 6. 97
④3 Offenlegungstag: 3. 12. 98

DE 197 23 090 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

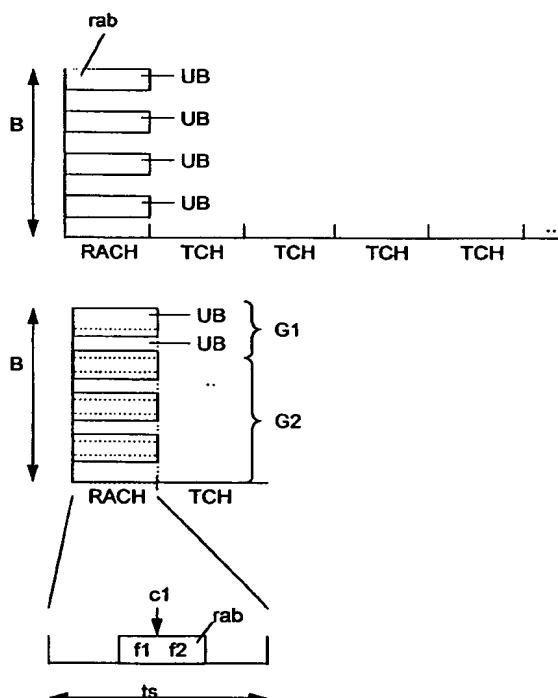
⑦2 Erfinder:
Ritter, Gerhard, Dipl.-Ing., 86943 Thaining, DE;
Klein, Anja, Dipl.-Ing., 80999 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren, Mobilstation und Basisstation zum Verbindungsaufbau in einem Funk-Kommunikationssystem

⑤7 Ein Funk-Kommunikationssystem, beispielsweise ein TDMA/CDMA Funk-Kommunikationssystem, stellt durch Zeitslitze und durch breitbandige Frequenzbereiche gebildete Frequenzkanäle bereit, in denen gleichzeitig Informationen mehrerer Verbindungen zwischen Mobilstationen und einer Basisstation übertragen werden, wobei die Informationen unterschiedlicher Verbindungen gemäß einer verbindungsindividuellen Feinstruktur unterscheidbar sind. Erfindungsgemäß werden für die Mobilstationen in Aufwärtsrichtung wiederkehrend Frequenzkanäle für einen zufälligen Zugriff bereitgestellt, in denen der schmalbandigere Unterbereiche gebildet werden. Von der Mobilstation, die einen Verbindungsaufbau anfordert, wird ein Unterbereich ausgewählt und in diesem Unterbereich ein Zugriffsfunkblock an die Basisstation gesendet.



DE 197 23 090 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbindungsaufbau für eine Mobilstation eines Funk-Kommunikationssystems, sowie eine derartig ausgestaltete Mobilstation und eine Basisstation.

Der Aufbau von digitalen Funk-Kommunikationssystemen ist in J.Oudelaar, "Evolution towards UMTS", PIMRC 94, 5th IEEE International Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, The Hague, NL, 18.-22. September 1994, S. 852-856, und M.Lenti, H.Hageman, "Paging in UMTS", RACE Mobile Telecommunications Workshop, Vol. 1, Amsterdam, NL, 17. 19. Mai 1994, S. 405-410, gezeigt.

Das gegenwärtig existierende Mobilfunksystem GSM (Global System for Mobile Communications) ist ein Funk-Kommunikationssystem mit einer TDMA-Komponente zur Teilnehmerseparierung (time division multiple access). Gemäß einer Rahmenstruktur werden Nutzinformationen der Teilnehmerverbindungen in Zeitschlitzten übertragen. Die Übertragung erfolgt blockweise. Aus dem GSM-Mobilfunksystem sind weiterhin dem Zeitraster der Rahmenstruktur angepaßte Frequenzkanäle (RACH random access channel) zum zufälligen Zugriff für die Mobilstationen bekannt. In diesem Frequenzkanal kann eine Mobilstation, die einen Verbindungsaufbau anfordert, einen Zugriffsfunkblock senden, ohne daß der Mobilstation vorher ein Frequenzkanal zugewiesen wurde.

Aus DE 195 49 148.3 ist ein Mobil-Kommunikationssystem bekannt, das eine TDMA/CDMA-Teilnehmerseparierung (CDMA code division multiple access) nutzt und empfangsseitig ein JD-Verfahren (joint detection) anwendet, um unter Kenntnis von Spreizcodes mehrerer Teilnehmer eine verbesserte Detektion der übertragenen Nutzinformationen vorzunehmen. In einem Zeitschlitz eines Nutzdatenkanals (TCH traffic channel) werden gleichzeitig Informationen mehrerer Verbindungen übertragen, die durch ihren Spreizcode unterscheidbar sind. Voraussetzung für ein Detektieren dieser Informationen ist eine Sendeleistungsregelung, die es ermöglicht, daß die Signale der verschiedenen auszuwertenden Verbindungen etwa leistungsgleich beim Empfänger eintreffen. Bei bereits aufgebauten Verbindungen kann diese Sendeleistungsregelung mit Hilfe einer Signalisierung der gemessenen Empfangsleistungen erfolgen. Für den zufälligen Zugriff zum Verbindungsaufbau steht diese Information nicht zur Verfügung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Vorrichtungen bereitzustellen, die in einem Funk-Kommunikationssystem den Verbindungsaufbau bei geringem Verbrauch funktechnischer Ressourcen ermöglichen. Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, die Mobilstation mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 und die Basisstation mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Ein Funk-Kommunikationssystem sieht durch breitbandige Frequenzbereiche gebildete Frequenzkanäle vor. Erfindungsgemäß werden für die Mobilstationen in Aufwärtsrichtung zeitlich wiederkehrend Frequenzkanäle für einen zufälligen Zugriff bereitgestellt, in denen schmalbandigere Unterbereiche gebildet werden. Von der Mobilstation, die einen Verbindungsaufbau anfordert, wird ein Unterbereich ausgewählt und in diesem Unterbereich ein Zugriffsfunkblock an die Basisstation gesendet.

Durch die Bildung von schmalbandigeren Unterbereichen innerhalb des Frequenzkanal für den zufälligen Zugriff (random access) können mehrere zufällige Zugriffe von verschiedenen Mobilstationen gleichzeitig erfolgen. Dadurch

werden die funktechnischen Ressourcen besser genutzt, da dieser Frequenzkanal ansonsten nur einen zufälligen Zugriff zulassen würde. Beim zufälligen Zugriff kann eine Sendeleistungsregelung nicht erfolgen, da die Übertragungsbedingungen sendeseitig noch nicht bekannt sind. Deshalb sendet eine Mobilstation üblicherweise mit für die Funkzelle maximaler Sendeleistung. Aus diesem Grunde könnten bei einem gleichzeitigen Zugriff mehrerer Mobilstationen auf den gesamten breitbandigen Frequenzbereich die leistungsschwächeren Funkblöcke nicht ausgewertet werden. Die Auswertung der sich in der Frequenz unterscheidenden Funkblöcke löst dieses Problem und beschleunigt den Verbindungsaufbau, da weniger Zugriffsversuche bis zu einem erfolgreichen Verbindungsaufbau nötig sind.

Besonders vorteilhaft ist die Erfindung bei TDMA/CDMA Funk-Kommunikationssystemen anwendbar, bei denen die Frequenzkanäle auch durch Zeitschlitzte gebildet werden, so daß in einem Frequenzkanal gleichzeitig Informationen mehrerer Verbindungen zwischen Mobilstationen und einer Basisstation übertragen werden, wobei die Informationen unterschiedlicher Verbindungen gemäß einer verbindungsindividuellen Feinstruktur unterscheidbar sind. Einer einzelnen Mobilstation können dabei auch mehrere Codes (also gemäß obiger Wortwahl mehrere Verbindungen) zugeteilt sein.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erfolgt die Auswahl eines Unterbereiches nach einem Zufallsprinzip. Damit wird die Wahrscheinlichkeit verringert, daß zwei Mobilstationen, die in einem Frequenzkanal zum zufälligen Zugriff den gleichen Unterbereich ausgewählt haben, im folgenden Frequenzkanal wiederum ein und denselben Frequenzkanal zum zufälligen Zugriff wählen.

Vorteilhafterweise werden Mobilstationen in Gruppen eingeteilt, beispielsweise gemäß einer Priorisierung oder gemäß dem zeitkritischen Verhalten unterschiedlicher Dienste, so daß für eine oder mehrere Gruppen von Mobilstationen jeweils mindestens ein Unterbereich reserviert ist. Durch die Reservierung wird eine Gruppe von Mobilstationen beim zufälligen Zugriff bevorzugt. Der Verbindungsaufbau kann für diese Gruppe schneller durchgeführt werden.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung enthält der Zugriffsfunkblock zumindest eine Bitfolge zur zeitlichen Synchronisation und eine Zufallszahl. Die Bitfolge zur zeitlichen Synchronisation dient zur Bestimmung des Zeitpunktes des Eintreffens des Funkblocks zum zufälligen Zugriff innerhalb des Zeitschlitzes des Frequenzkanals bei der Basisstation, worauf die Basisstation und/oder die Mobilstation ihrer Sendezeitpunkte entsprechend abgleichen können. Die Zufallszahl dient zur vorläufigen Zuordnung des Verbindungsaufbaus zu einer Mobilstation. Mit Hilfe dieser Zufallszahl kann der Mobilstation, die diese Zufallszahl zuvor gewählt hat, ein Frequenzkanal zur weiteren Signalisierung zugewiesen werden.

Bei der Übertragung des Zugriffsfunkblocks kann dieser sendeseitig mit einem individuellen Code gespreizt werden, so daß gegebenenfalls auch in einem Unterbereich mehrere zufällige Zugriffe stattfinden können. Vorteilhafterweise stellt der individuelle Code die Zufallszahl des Zugriffsfunkblocks dar und kann aus einem Satz erlaubter, der empfangenden Station bekannter Codes ausgewählt werden. Alternativ dazu kann es vorgesehen sein, daß der Zugriffsfunkblock nicht gespreizt wird. Damit wird dessen Auswertung erleichtert. Beispielsweise kann in einem gemischten Mobilfunknetz mit Mobilstationen nach dem GSM-Standard und nach einem TDMA/CDMA-Standard der Zugriffsfunkblock des GSM-Standards von allen Mobilstationen genutzt werden, wodurch ein schneller und reibungsloser Verbindungsaufbau erleichtert wird. Erst nach Auswertung des Zu-

griffsfunkblocks muß netzseitig auf die Besonderheiten des jeweiligen Übertragungsverfahrens eingegangen werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels beziehungsweise auf zeichnerische Darstellungen näher erläutert.

Dabei zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Mobilfunknetzes,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Rahmenstruktur der Funkübertragung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Einteilung eines Frequenzkanals zum zufälligen Zugriff in Unterbereiche, und

Fig. 4 Blockschaltbilder von Mobilstation und Basisstation und der Funkübertragung in Aufwärtsrichtung.

Das in Fig. 1 dargestellte Mobil-Kommunikationssystem entspricht in seiner Struktur einem bekannten GSM-Mobilfunknetz, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN herstellen. Weiterhin sind diese Mobil-Vermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden. Jeder Basisstationscontroller BSC ermöglicht wiederum eine Verbindung zu zumindest einer Basisstation BS. Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine Nachrichtenverbindung zu Mobilstationen MS aufbauen kann.

In Fig. 1 sind beispielhaft drei Verbindungen zur Übertragung von Nutzinformationen und Signalisierungsinformationen zwischen drei Mobilstationen MS und einer Basisstation BS dargestellt. Ein Operations- und Wartungszentrum OMC realisiert Kontroll- und Wartungsfunktionen für das Mobilfunknetz bzw. für Teile davon. Die Funktionalität dieser Struktur ist auf andere Funk-Kommunikationssysteme übertragbar, in denen die Erfindung zum Einsatz kommen kann.

Die Rahmenstruktur der Funkübertragung ist aus Fig. 2 ersichtlich. Gemäß einer TDMA-Komponente ist eine Aufteilung eines breitbandigen Frequenzbereiches $B = 1,6$ MHz in mehrere Zeitschlitze t_s , beispielsweise 8 Zeitschlitze t_{s1} bis t_{s8} vorgesehen. Jeder Zeitschlitz t_s innerhalb des Frequenzbereiches B bildet einen Frequenzkanal FK. Innerhalb der Frequenzkanäle TCH, die zur Nutzdatenübertragung vorgesehen sind, werden Informationen mehrerer Verbindungen in Funkblöcken übertragen. Diese Funkblöcke zur Nutzdatenübertragung bestehen aus Abschnitten mit Daten d , in denen Abschnitte mit empfangsseitig bekannten Trainingssequenzen t_{seq1} bis t_{seqK} eingebettet sind. Die Daten d sind verbindungsindividuell mit einer Feinstruktur, einem Teilnehmerkode c , gespreizt, so daß empfangsseitig beispielsweise K Verbindungen durch diese CDMA-Komponente separierbar sind.

Die Spreizung von einzelnen Symbolen der Daten d bewirkt, daß innerhalb der Symboldauer T_{sym} Q Chips der Dauer T_{chip} übertragen werden. Die Q Chips bilden dabei den verbindungsindividuellen Teilnehmerkode c . Weiterhin ist innerhalb des Zeitschlitzes t_s eine Schutzzeit g_p zur Kompensation unterschiedlicher Signallaufzeiten der Verbindungen vorgesehen.

Innerhalb eines breitbandigen Frequenzbereiches B werden die aufeinanderfolgenden Zeitschlitze t_s nach einer Rahmenstruktur gegliedert. So werden acht Zeitschlitze t_s zu einem Rahmen zusammengefaßt, wobei beispielsweise ein Zeitschlitz t_{s4} des Rahmens einen Frequenzkanal TCH zur Nutzdatenübertragung bildet und wiederkehrend von einer Gruppe von Verbindungen genutzt wird. Ein Frequenzkanal RACH für einen zufälligen Zugriff der Mobilstationen MS wird nicht in jedem Rahmen, jedoch zu einem vorgegebenen Zeitpunkt innerhalb eines Multirahmens eingeführt.

Die Abstände zwischen den Frequenzkanälen RACH für einen zufälligen Zugriff bestimmen die Kapazität, die das Mobilfunknetz für diesen Teil des Verbindungsaufbaus zur Verfügung stellt.

Anhand von Fig. 3 wird die Struktur eines Frequenzkanals RACH für einen zufälligen Zugriff gezeigt. Der breitbandige Frequenzbereich B z. B. mit $B = 1,6$ MHz, der sich z. B. aus dem Frequenzband eines Organisationskanals des Mobilfunknetzes beaufschlagt mit dem Duplexabstand berechnet, beinhaltet vier Unterbereiche UB mit jeweils z. B. 200 kHz Bandbreite, die jeweils durch einen Bereich von 200 kHz getrennt sind, um gegenseitige Störungen zu verringern. Innerhalb dieser Unterbereiche UB können bei Bedarf Zugriffsfunkblöcke rab von den Mobilstationen MS ohne vorherige netzseitige Zuweisung und ohne Spreizung gesendet werden. Es können also GSM random access Funkblöcke verwendet werden.

Fig. 3 zeigt ebenso eine alternative Aufteilung des Frequenzkanals RACH für den zufälligen Zugriff, bei der insgesamt acht Unterbereiche UB realisiert werden, die sich frequenzmäßig überlappen können. Zur besseren Unterscheidung sind die Zugriffsfunkblöcke rab mit einem individuellen Kode $c1$ gespreizt.

Zwei Unterbereiche UB sind für eine erste Gruppe $G1$ von Mobilstationen MS reserviert, die für einen zeitunkritischen Dienst – beispielsweise paketartige Datenübertragung –, nicht unbedingt einen schnellen Zugriff benötigen. Für eine zweite Gruppe $G2$ sind sechs Unterbereiche UB vorgesehen, so daß die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen kleiner ist und der Zugriff auf die funktechnischen Ressourcen der Funkschnittstelle zwischen Basisstation BS und Mobilstation MS schneller realisiert werden kann.

Der Zugriffsfunkblock rab ist im Vergleich zu den Funkblöcken zur Nutzdatenübertragung nach Fig. 2 kürzer, d. h. die Schutzzeit wird verlängert. Dies ist nötig, um trotz der noch nicht erfolgten zeitlichen Synchronisation einen sicheren Empfang in der Basisstation BS zu sichern. Der Zugriffsfunkblock rab wird mit maximaler Sendeleistung abgestrahlt.

Der Zugriffsfunkblock rab enthält eine empfangsseitig bekannte Bitfolge $f1$ zur zeitlichen Synchronisation und eine Zufallszahl $f2$. Anhand der bekannten Bitfolge $f1$ kann die Basisstation BS das Vorliegen eines Zugriffsfunkblocks rab feststellen und aus dem Zeitpunkt des Eintreffens eine erste zeitliche Synchronisation vornehmen. Die durch die Mobilstation MS gewählte Zufallszahl $f2$, die gleichzeitig einen Bezug zum individuellen Kode c zur Spreizung des Zugriffsfunkblocks rab darstellen kann, wird als Referenz für die nachfolgende Zuteilung eines Frequenzkanal FK zur weiteren Signalisierung für den Verbindungsaufbau genutzt. Mit dieser Zufallszahl $f2$ kann die Mobilstation MS eine an sie adressierte Zuteilung erkennen.

Fig. 4 zeigt die Funkübertragung in Aufwärtsrichtung von Mobilstationen $MS1$ bis MSK , deren Signale sich nach einer Übertragung über unterschiedliche Nachrichtenkanäle x bis z bei der empfangenden Basisstation BS überlagern. Die Basisstation BS wertet ein durch die Überlagerung entstandenes Empfangssignal aus. In den Frequenzkanälen RACH für den zufälligen Zugriff werden Zugriffsfunkblöcke rab detektiert und ausgewertet und in den Frequenzkanälen TCH zur Nutzdatenübertragung eine Teilnehmerseparierung und eine Detektion der Teilnehmerdaten vorgenommen.

Die Mobilstation MS enthält ein Bedienfeld T, eine Signalverarbeitungseinrichtung SP, eine Steuereinrichtung ST und eine Sende/Empfangseinrichtung SE/EE. Am Bedienfeld T kann der Teilnehmer Eingaben vornehmen, u. a. eine Eingabe für einen Verbindungsaufbauwunsch. In der Signal-

verarbeitungseinrichtung SP wird daraufhin ein Zugriffsfunkblock rab gebildet und in der Steuereinrichtung ST ein Unterbereich UB innerhalb des nächstmöglichen Frequenzkanals RACH zum zufälligen Zugriff nach den zuvor beschriebenen Prinzipien ausgewählt. Der Zugriffsfunkblock rab wird nach einer entsprechenden Signalaufbereitung durch die Sendeeinrichtung SE schmalbandig im ausgewählten Unterbereich UB gesendet.

Die Basisstation BS enthält eine Sende/Empfangseinrichtung SE/EE, die die Empfangssignale verstärkt, ins Basisband umgesetzt und demoduliert. In einem Analog/Digital-Wandler werden die Empfangssignale in Symbole mit diskretem Wertevorrat umgewandelt, beispielsweise digitalisiert. Die Signalauswerteeinrichtung SA, die z. B. als digitaler Signalprozessor einen JD-Prozessor zum Detektieren der Nutzinformationen und der Signalisierungsinformationen nach dem JD-CDMA-Verfahren (joint detection) enthält, werden auch die Zugriffsfunkblöcke rab ausgewertet.

Es erfolgt zuerst eine Trennung der verschiedenen Unterbereiche UB durch eine Filterbank und anschließend eine einzelne Auswertung der Zugriffsfunkblöcke rab in den Unterbereichen UB. Alternativ kann auf eine vorherige Tiefpaßfilterung verzichtet und breitbandig eine Detektion mit einer Einzelteilnehmer- (single user) oder mit einer gemeinsamen Auswertung (joint detection) durchgeführt werden.

Die Auswertung erfolgt durch Feststellen der Korrelation zwischen den empfangenen Signalen und in der Basisstation BS bekannten Bitfolgen fl. Dabei wird auch der Zeitpunkt der größten Korrelation bestimmt, der im weiteren der zeitlichen Synchronisation dient. Alternativ kann auch eine signalangepaßte Filterung oder ein anderer linearer Algorithmus (z. B. gemäß dem zero forcing oder dem minimum square error Kriterium) angewendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbindungsaufbau für eine Mobilstation (MS) eines Funk-Kommunikationssystems, wobei das Funk-Kommunikationssystem durch breitbandige Frequenzbereiche (B) gebildete Frequenzkanäle (fK) bereitstellt, bei dem

für die Mobilstationen (MS) in Aufwärtsrichtung wiederkehrend Frequenzkanäle (RACH) für einen zufälligen Zugriff bereitgestellt werden, innerhalb eines Frequenzkanals (RACH) schmalbandigere Unterbereiche (UB) gebildet werden,

von der Mobilstation (MS), die einen Verbindungsaufbau anfordert, ein Unterbereich (UB) innerhalb des Frequenzkanals (RACH) ausgewählt wird, und

von der Mobilstation (MS) in diesem Unterbereich (UB) ein Zugriffsfunkblock (rab) an die Basisstation (BS) gesendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Funk-Kommunikationssystem als TDMA/CDMA Funk-Kommunikationssystem ausgeprägt ist, mit durch Zeitschlitz (ts) gebildeten Frequenzkanälen, in denen gleichzeitig Informationen mehrerer Verbindungen zwischen Mobilstationen (MS) und einer Basisstation (BS) übertragen werden, wobei die Informationen unterschiedlicher Verbindungen gemäß einer verbindungsindividuellen Feinstruktur unterscheidbar sind.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Auswahl eines Unterbereiches (UB) nach einem Zufallsprinzip erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem für eine oder mehrere Gruppen (G1, G2) von

Mobilstationen (MS) jeweils mindestens ein Unterbereich (UB) reserviert ist.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Zugriffsfunkblock (rab) zumindest eine Bitfolge (f1) zur zeitlichen Synchronisation und eine Zufallszahl (f2) enthält.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Zugriffsfunkblock (rab) nicht gespreizt wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Zugriffsfunkblock (rab) mit einem individuellen Code (c1) gespreizt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem der individuelle Code (c1) die Zufallszahl des Zugriffsfunkblocks (rab) darstellt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem der individuelle Code (c1) derartig gewählt wird, daß in einem Unterbereich (UB) mehrere Zugriffsfunkblöcke (rab) von der Basisstation (BS) ausgewertet werden können.

10. Mobilstation (MS) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem Bedienfeld (f) zum Auslösen des zufälligen Zugriffs,

mit einer Signalverarbeitungseinrichtung (SP) zum Erzeugen des Zugriffsfunkblocks (rab)

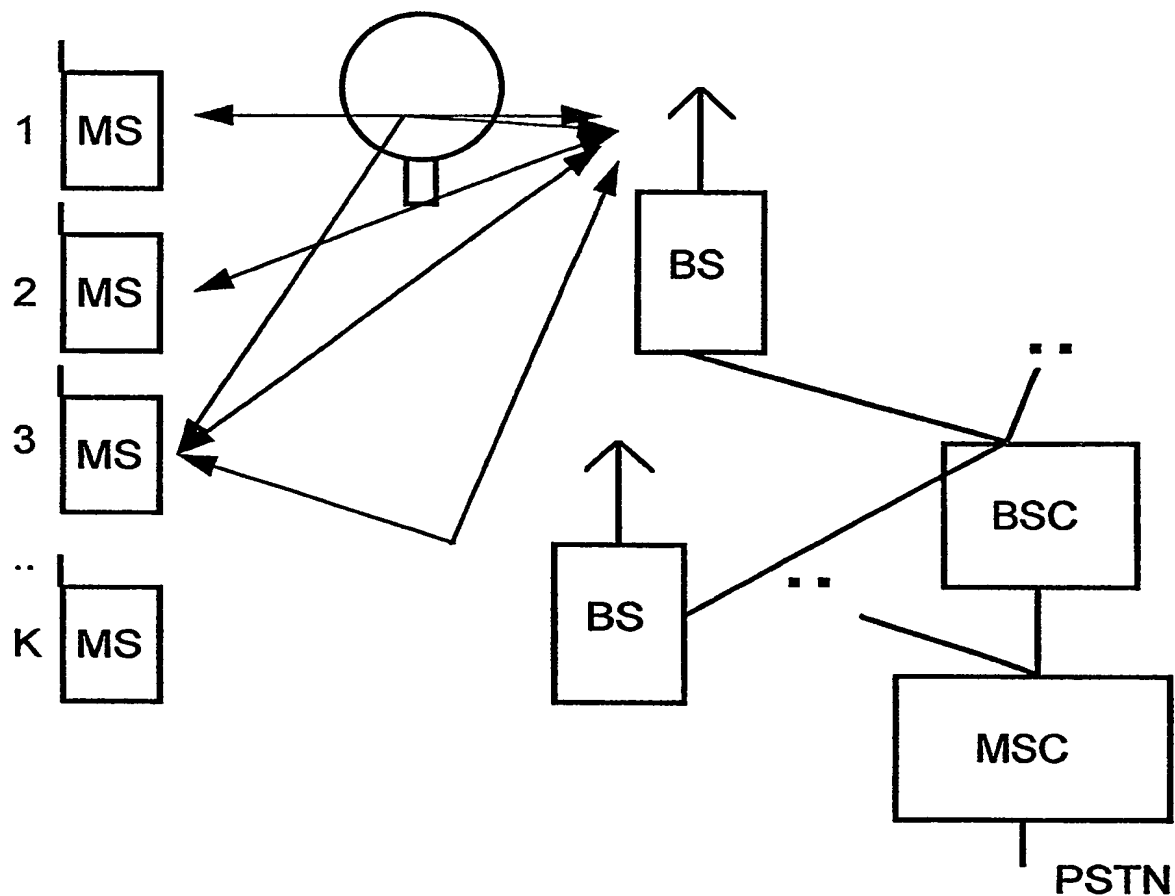
mit einer Steuereinrichtung (ST) zum Auswählen eines Unterbereiches (UB) und zum Auslösen des Sendens des Zugriffsfunkblocks (rab) zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb des Frequenzkanals (RACH).

11. Basisstation (BS) zur Auswertung des nach Anspruch 1 gesendeten Zugriffsfunkblocks (rab), mit einer Empfangseinrichtung (EE) zum Empfangen von im Frequenzkanal (RACH) gesendeten Signalen mit Zugriffsfunkblöcken (rab),

mit einer Signalauswerteeinrichtung (SA) zum Verarbeiten der Zugriffsfunkblöcke (rab).

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1



(Stand der Technik)

Fig.2

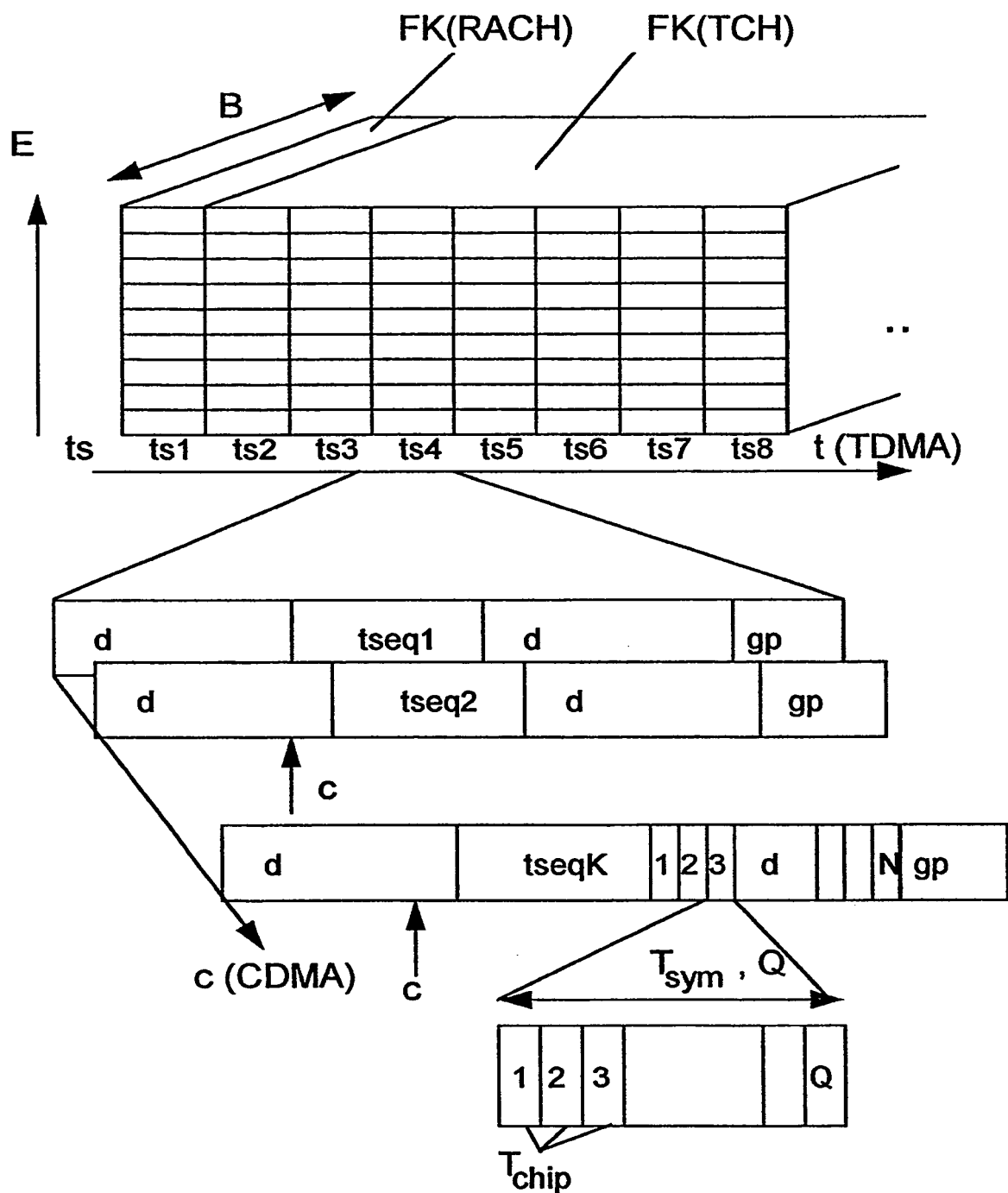


Fig.3

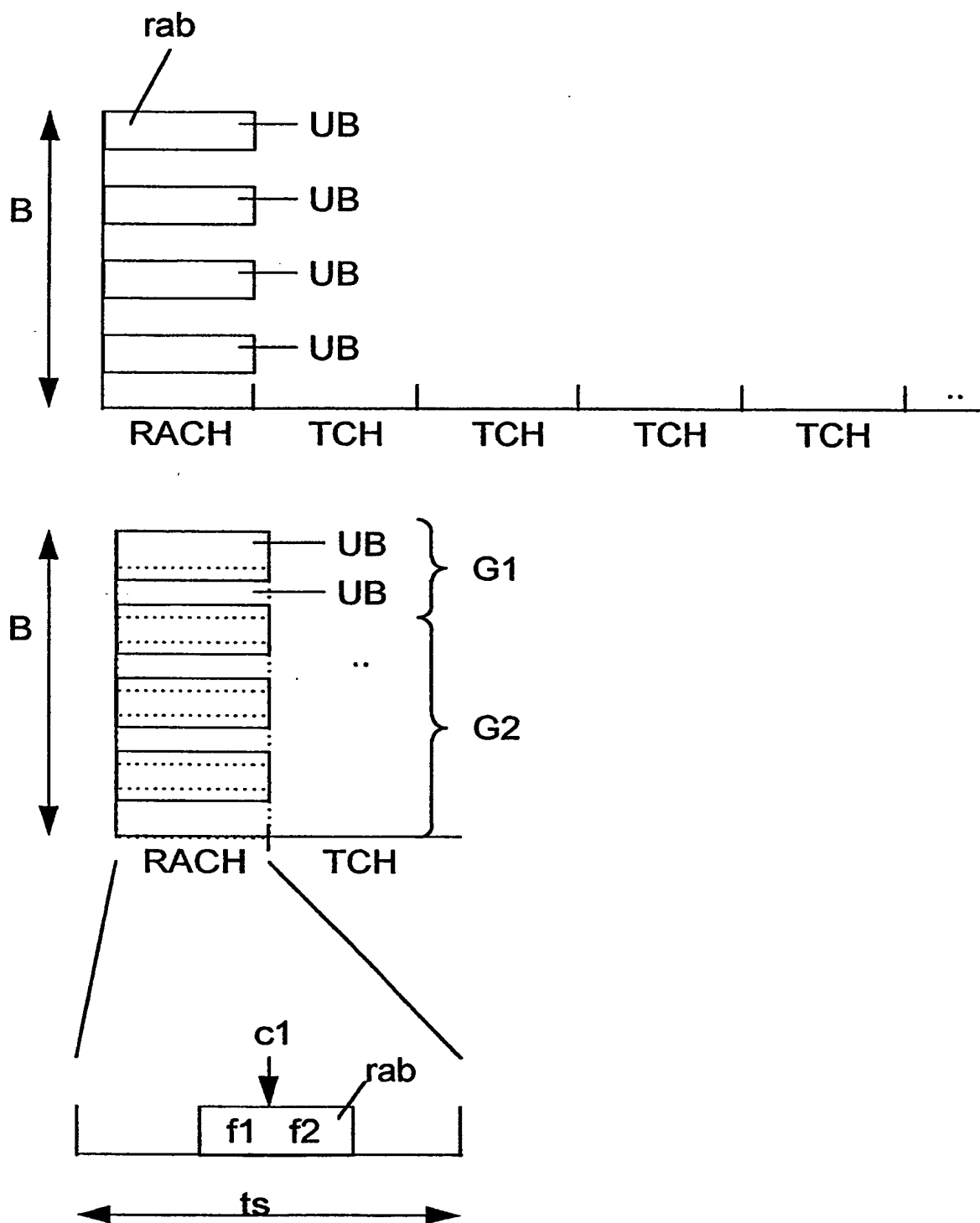


Fig.4

